

Utilisabilité de la méthode « Design for Sustainability » dans les pays en développement : Contexte du Bénin

^a*Institut polytechnique de Grenoble, Laboratoire G-SCOP, 46 avenue Félix Viallet, 38031 GRENOBLE Cedex 1 (France), Email : Jannot.Hounousounou@grenoble-inp.org ou hounscornet@gmail.com

^aInstitut polytechnique de Grenoble, Laboratoire G-SCOP, 46 avenue Félix Viallet, 38031 GRENOBLE Cedex 1 (France), Email : Peggy.Zwolinski@grenoble-inp.fr

^bEcole polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire LEMA, 01BP2009 COTONOU (Bénin), Email : easanya@hotmail.com

^bEcole de Machines Agricoles et de Construction Métallique, Université d'Agriculture de Kétou, Laboratoire LEMA, 01BP2009 COTONOU (Bénin), Email : bagan28@yahoo.fr

Abstract

Dans ces dernières années, l'éco-socio-conception qui est une approche d'intégration des critères d'impacts environnementaux, économiques et sociaux dans la phase de développement des produits a été testée et mise en œuvre avec succès dans l'Ouest de l'Europe du Nord, au Japon et dans certaines villes des Etats-Unis. Toutefois, dans de nombreuses parties du monde, en particulier dans les pays nouvellement industrialisés d'Asie, d'Amérique latine et du Sud et surtout en Afrique, des expériences avec l'éco-socio-conception sont rares voir parfois inexistantes. Ce travail présente quelques résultats sur la mise œuvre de l'utilisabilité de l'approche Design for Sustainability dans un pays de l'Afrique de l'Ouest appelé le Bénin afin de juger de ses performance et pertinence et si possible l'adaptée suivant des réalités du terrain. Le produit sur lequel le travail est effectué est la machine à condiments fabriquée traditionnellement et répandue dans tout le Bénin. Ce produit présente beaucoup de conséquences néfastes sur l'organisme à cause de son mauvais dimensionnement et des matériels utilisés pour sa conception. Nous avons intégré dans ce travail de recherche les étudiants Béninois ainsi que les entreprises locales Béninoises. Ces étudiants ont suivi une formation sur l'approche Design for Sustainability et l'ont mis en œuvre dans les entreprises sélectionnées. Ce qui a permis d'atteindre des résultats satisfaisants. Le but visé est de voir d'une part si l'approche Design for Sustainability sera efficace, efficiente, satisfaisant, facile à apprendre et mémorisable dans le contexte Béninois du côté des étudiants et d'autre part si elle peut améliorer les conditions de travail, réorganiser la gestion, réduire le temps de conception et augmenter le chiffre d'affaire des entreprises locales Béninoises de conception et de fabrication d'équipements agro-alimentaire.

Mots Clés: Eco-design, Methods and Tools, Design for Sustainability (D4S), Performance-Relevance, Developing Countries.

1. Introduction

De l'éco-conception à l'éco-socio-conception, des approches qui permettent aujourd'hui à beaucoup de grandes entreprises et aussi de petites et moyennes entreprises (PME) de plusieurs pays développés et en développement d'avoir un chiffre d'affaire important tout en respectant des normes, des directives et des règlements pouvant aider à minimiser les impacts économiques, sociaux et environnementaux. Ces petites et moyennes entreprises (PME) sont aujourd'hui à la base de la croissance économique et de la création d'emplois dans plusieurs pays du monde, en particulier dans les pays en développement (Romeiro Filho, E. 2014).

L'utilisabilité des méthodes et outils d'aide à la conception et à la fabrication des produits est une caractéristique essentielle pour améliorer les approches de développement durable. Elle va dépendre des différentes tâches

pour sa mise en œuvre et des difficultés rencontrées. Le niveau d'utilisabilité est souvent déterminé par des tests d'utilisabilité dans lesquels les difficultés rencontrées par les utilisateurs sont révélatrices. Ces approches ont été développées en Europe en Asie et dans certaines villes des Etats Unis d'Amérique, il est question maintenant de les appliquer dans un contexte des pays en voie de développement qui sont à la fois sujet à un développement accéléré de leurs activités économiques mais également à la production d'une quantité de déchets plus importante pour répondre véritablement aux grands enjeux environnementaux et socio-économiques actuels. Selon (Mojahid, et al. 2001) l'évaluation de l'utilisabilité est effectuée dans deux contextes principaux : la conception et l'expérimentation. Dans ces deux contextes l'évaluation consiste à faire utiliser le système par des utilisateurs, dans des environnements et pour des buts qui sont censés. Nous ne faisons pas une discussion sur les conditions d'obtention

de cette représentativité. Mais nous insistons seulement sur le fait que si l'un des trois paramètres (utilisateur, environnement, but) n'est pas représentatif, alors l'évaluation n'a que peu de sens. Les premières définitions de l'utilisabilité (Shackel, 1981 et 1986) qui stipulent que le noyau conceptuel d'utilisabilité est constitué de quatre composantes : l'efficacité, l'apprentissage, la flexibilité du système et l'altitude de l'utilisateur envers le système. Puis (Shackel, 1991) raffine la définition et décrit le terme l'utilisabilité comme « la capacité en termes fonctionnels humains pour permettre une utilisation facile et effective ; par une catégorie d'utilisateurs avec une formation et un support adapté, pour accomplir une catégorie de tâches donnée, dans un contexte donné ». Cette définition met l'accent sur des mesures classiques de la performance en psychologie expérimentale : vitesse d'accomplissement de la tâche et d'erreurs. L'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) a donné une définition très proche de celle de (Shackel, 1991) : « Degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte spécifié » (ISO 9241-11, 1998). La définition de (Nielsen, 1993) est constituée de cinq critères d'utilisabilité :

- Efficience : facilité pour réaliser une tâche donnée (on peut la mesurer notamment grâce au temps d'exécution).
- Apprentissage : Concerne la facilité (ou la rapidité) avec laquelle l'utilisateur apprend à utiliser le système.
- Mémorisation : Capacité à reprendre en main rapidement le système lors d'utilisations espacées.
- Fiabilité : Prévention ou gestion des erreurs par le système.
- Satisfaction de l'utilisateur : absence d'inconfort et attitudes positives dans l'utilisation du produit.

Et enfin (Krug, 2000), qui stipule qu'évaluer l'utilisabilité revient à "s'assurer que quelque chose marche bien : que quelqu'un d'une aptitude et d'une expérience moyennes (ou même en dessous de la moyenne) peut utiliser la chose [...] pour ce qu'elle est censée faire sans devenir désespérément frustrée".

Pour parfaire l'évaluation de l'utilisabilité d'une méthode, il faut que lors de l'évaluation, l'ensemble des propriétés de la tâche ainsi que l'ensemble des caractéristiques des utilisateurs soient comparables à celles des tâches et des utilisateurs potentiels.

2. Cadre de travail et méthodologie

La recherche est effectuée en trois phases :

La première phase de la recherche est effectuée au laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble (G-SCOP) de l'Institut Polytechnique de Grenoble en France qui concerne l'étude théorique (la revue de la littérature).

La deuxième phase concerne la mise en œuvre de l'approche « Design for Sustainability » (D4S) au Bénin pour évaluer son utilisabilité et voir ses performances et pertinences. Ce travail est effectué au Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquées (LEMA)-EPAC de l'Université d'Abomey-Calavi au Bénin avec l'Ecole de Machines Agricoles et de Construction Mécaniques (EMACoM) de l'Université de Kétou. En fin la troisième phase concerne l'évaluation des résultats au laboratoire G-SCOP à Grenoble en France.

2- Mise en œuvre des travaux à l'EMACoM et au laboratoire LEMA-EPAC au Bénin

Durant les travaux de recherche sur l'approche D4S au Bénin une équipe de cinq utilisateurs est formée selon (Nielson, 1994) qui stipule qu'un panel de cinq (05) utilisateurs « représentatifs » permet d'identifier 80% des problèmes concernant l'utilisabilité d'une méthode. Cette équipe a suivi une formation sur l'approche D4S et a mis en œuvre réellement les différentes étapes de cette approche sur le terrain en collaboration avec les entreprises de fabrication de machines agricoles de différentes villes du Bénin. Lors des travaux une étude SWOT est effectuée pour juger la force, la faiblesse, l'opportunité et les menaces des entreprises. Après, entre les utilisateurs la Roue Stratégique d'Eco-conception, un outil de conception est mise en œuvre pour mieux structurer les démarches de conception dans ces entreprises pour un développement durable.

2.1-Observation des utilisateurs au cours de la mise en œuvre de l'approche D4S sur le terrain.

Deux observations sont effectuées au cours des travaux de recherche. Une observation de l'entretien entre les utilisateurs et les fabricants des machines agricoles consiste à noter chaque utilisateur de 1 à 5 suivant son comportement et sa réaction. Les qualités des critères vont de Terne, Triste (un point) à Sait stimuler (cinq points) jusqu'à Désorganisé (un point) à Méthodique (cinq points). La seconde au cours des travaux de groupes des utilisateurs consiste à noter les utilisateurs de critères « Aisance de travail » à « Autonomie de travail ». Voici l'exemple de la première grille.

Utilisateur	Terne, Triste						Sait Stimuler
	Effacé						Séduisant
	Peu sûr de lui						Confiant
	Désorganisé						Méthodique

Tableau N°1: Grille d'observation des entretiens

Après avoir collectées les données sur le terrain concernant les forces et faiblesses internes de l'entreprise, les opportunités et menaces externes de l'entreprise, les utilisateurs se sont regroupés, et avec la Roue Stratégique d'Eco conception, ils ont essayé d'améliorer la machine à condiments sur les différentes étapes de son cycle de vie. Ils ont aussi cherché à évaluer les impacts tout au long du cycle de vie de la machine à conditionner qui est sélectionnée comme produit à reconcevoir avec l'approche D4S. Voici la grille d'observation ci-dessous.

Les Critères	La qualité des critères
L'aisance ou la facilité de travail	Très facilement
	Facilement
	Assez facilement
	Difficilement
	Très difficilement
La manière de faire une tâche	Très satisfaisant
	Satisfaisant
	Peu Satisfaisant
	insatisfaisant
	Exceptionnel ou Excellent
	Très bien
	Bien
	Médiocre
La fréquence de travail	Plus ou moins bien ou pauvre
	Nul
	Régulièrement
	Occasionnellement
	Jamais
	Toujours
Le niveau de réussite de travail	Souvent
	Rarement
	Très au-delà des exigences
	Au-delà des exigences
	Conforme aux exigences
L'autonomie de travail	En deçà des exigences
	Très en deçà des exigences
	De manière autonome ou seul sans aide
	Avec un peu d'aide
	Avec beaucoup d'aide
	Même avec de l'aide, ne réussit pas

Tableau N°2: Grille d'observation de travail de groupe

2.2- Questionnaires SUS(System UsabilityScale)

Pour mesurer l'utilisabilité de l'approche D4S dans sa globalité, il a fallu faire appel au tableau de Test SUS (Brooke, 1996) qui évalue la satisfaction globale pour questionner chaque utilisateur à la fin des travaux. Il s'agit de répondre à chaque question en utilisant les

qualités : **Pas du Tout d'Accord (PTA)** qui est noté (1) jusqu'à **Tout à faire d'accord (TAF)** noté(5). Voici l'exemple de questionnaire.

PTA	1	2	3	4	5	TAF
-----	---	---	---	---	---	-----

N°	Critères d'évaluation
1	Je pense que j'aimerais utiliser l'approche D4S fréquemment
2	J'ai trouvé l'approche D4S inutilement complexe
3	J'ai trouvé l'approche D4S facile à utiliser
4	Je pense que j'aurai besoin d'un support technique pour arriver à utiliser l'approche D4S
5	J'ai trouvé que les différentes fonctionnalités de l'approche D4S étaient bien intégrées
6	J'ai trouvé qu'il y avait trop d'incohérences dans l'approche D4S
7	Je pense que la plupart des gens devrait apprendre à utiliser l'approche D4S très rapidement
8	J'ai trouvé l'approche D4S lourde à utiliser
9	Je me suis senti en confiance en utilisant l'approche D4S
10	J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir utiliser l'approche D4S

Tableau N°3: Test SUS (Brooke, 1996)

Pour calculer la satisfaction globale ou le score de SUS, la note de chaque question répondue est convertie.

Soit (Nui) la note de chaque question et (Nci) celle des note convertie, la note globale de satisfaction ou note de SUS (Nt) vaut :

Nci = Nui - 1 : pour des questions impaires.

Nci = 5 - Nui : pour des questions paires.

Nt= 2,5 × (Σ_{i=1}¹⁰ Nci) : pour la note globale de satisfaction ou le score de SUS.

2.3 Entretien semi-directif

L'entretien semi-directif (débriefting) est proche des questionnaires mais d'une grande flexibilité et avec une procédure en face-à-face. Il s'agit d'une part d'approfondir les connaissances en Eco conception et d'autre part de vérifier le degré de compréhension de l'approche D4S envers les entreprises de fabrication des machines agricoles.

Ces tests d'utilisabilité permettent :

- d'évaluer les difficultés et les problèmes d'utilisation, de l'approche D4S en contexte du Bénin ;
- de recueillir des verbalisations ;
- de recenser les attitudes à l'égard de l'approche D4S ;
- d'impliquer les entrepreneurs dans la démarche de mise en œuvre de l'approche D4S.

Critère	Méta-critère	Question
Efficacité	Réussite	Comment appréciez-vous les objectifs atteints comparativement à ceux fixés par D4S ?
	Qualité de la performance	Comment appréciez-vous le résultat obtenu à la fin de développement de D4S ?
Efficienne	Durée de travail	Comment appréciez-vous le temps mis en œuvre pour développer D4S ?
Satisfaction	Emotionnalité de D4S	Comment appréciez-vous D4S en tant qu'un moyen appréciable pour la reconception des produits au Bénin ?
Apprentissage et Mémorisation	Apprentissage de D4S	Comment appréciez-vous la facilité de mise en œuvre pour la première fois de D4S ?
		Comment appréciez-vous le temps de mémorisation de D4S ?
		Comment appréciez-vous vos niveaux d'accomplissement des étapes de D4S ?
		Comment appréciez-vous la facilité d'acquérir les notions d'Eco-conception et de D4S dans le contexte du Bénin ?
Tolérance aux erreurs	Robustesse	Comment sont les erreurs commises lors de la mise en œuvre de D4S ?
		Comment appréciez-vous le temps mis pour les corriger ?
		Comment appréciez-vous la gestion des erreurs de corrections ?

Tableau N°4 : Grille de mesure d'utilisabilité selon ISO 9241-11(1998).

3. Résultats et Analyses

Selon ISO 9241-11 (1998), l'utilisabilité est le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts avec Efficacité, Efficience et Satisfaction.

3.1 Observations

Les grilles ci-dessous permettent de résumer les différents résultats de la méthode d'observation. Chaque grille est analysée avec un diagramme approprié qui permet d'expliquer le degré de compréhension de l'approche de Design for Sustainability(D4S) de chaque utilisateur.

Utilisateur	Qualité des critères	1	2	3	4	5	Critères
Djibril	Terne, Triste			X			Sait Stimuler
	Effacé		X				Séduisant
	Peu sûr de lui		X				Confiant
	Désorganisé		X				Méthodique
Hermione	Terne, Triste					X	Sait Stimuler
	Effacé				X		Séduisant
	Peu sûr de lui					X	Confiant
	Désorganisé				X		Méthodique
Schadrac	Terne, Triste					X	Sait Stimuler
	Effacé					X	Séduisant
	Peu sûr de lui				X		Confiant
	Désorganisé					X	Méthodique
Stéphanie	Terne, Triste					X	Sait Stimuler
	Effacé					X	Séduisant
	Peu sûr de lui				X		Confiant
	Désorganisé					X	Méthodique
Séverin	Terne, Triste			X			Sait Stimuler
	Effacé		X				Séduisant
	Peu sûr de lui	X					Confiant
	Désorganisé		X				Méthodique

Tableau N°5: Note d'Observation de l'entretien des utilisateurs

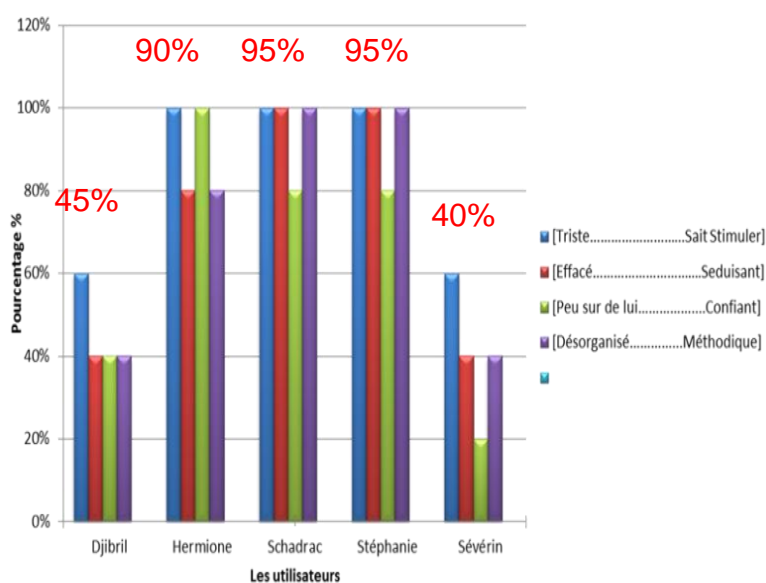


Figure N°1 : Observation de l'entretien des utilisateurs

Nous pouvons dire que dans l'ensemble, trois utilisateurs sur cinq arrivent à bien s'exprimer, à bien agir, à aborder facilement les fabricants et à être cohérents dans le processus de développement des questionnaires SWOT. En résumer les trois utilisateurs sur quatre sont méthodiques confiants, séduisants et stimulants.

Un exemple de calcul du score des qualités du critère:

*[Terne, triste.....Sait Stimuler] 3/5 * 100 = 60%*

*[Effacé.....Séduisant] 2/5 * 100 = 40%*

*[Peu sûr de lui.....Confiant] 1/5 * 100 = 20%*

*[Désorganisé.....Méthodique] 2/5 * 100 = 40%*

Le score de Stéphanie vaut: 95%, ce qui signifie qu'elle est Méthodique, confiante, séduisante et stimulante au cours de l'entretien.

Afin d'approfondir l'observation nous avons effectué une étude d'observation sur le groupe des utilisateurs au cours des travaux en groupe. L'étude à base de la grille ci-dessous donne les résultats de chaque utilisateur. Une analyse est faite par des graphes ci-dessous pour mieux expliquer les critères et les qualités des critères de la grille ci-dessous.

Le score moyen d'observation en groupe de travail vaut: 79,4%.

Les taux d'observation d'utilisateurs en entretien et en travaux de groupe valent respectivement 75% et 79,4%. Nous pouvons affirmer qu'un taux de 77,2 % a un bon comportement et une bonne réaction au cours de la mise en œuvre D4S.

Les Critères	La qualité des critères	Djibril	Hermione	Schadrac	Stéphanie	Séverin
L'aisance ou la facilité de travail	Très facilement			X		
	Facilement		X		X	
	Assez facilement					X
	Difficilement	X				
	Très difficilement					
La manière de faire une tâche	Très satisfaisant					
	Satisfaisant		X	X	X	
	Peu Satisfaisant					
	insatisfaisant					
	Exceptionnel ou Excellent					X
	Très bien	X				
	Bien					
	Médiocre					
	Plus ou moins bien ou pauvre					
	Nul					
La fréquence de travail	Régulièrement	X	X	X	X	X
	Occasionnellement					
	Jamais					
	Toujours					
	Souvent					
	Rarement					
Le niveau de réussite de travail	Très au-delà des exigences					
	Au-delà des exigences		X	X	X	
	Conforme aux exigences					X
	En deçà des exigences	X				
	Très en deçà des exigences					
L'autonomie de travail	De manière autonome ou seul sans aide			X	X	
	Avec un peu d'aide		X			X
	Avec beaucoup d'aide	X				
	Même avec de l'aide, ne réussit pas					

Tableau N°6: Note d'Observation de travail de groupe

Figure N°2 : Observation de l'aisance du travail avec un score moyenne de 72%

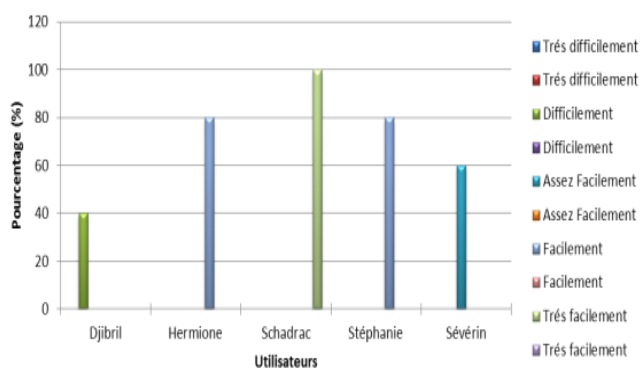


Figure N°3 : Observation de la manière de travail avec un score moyenne de 76%

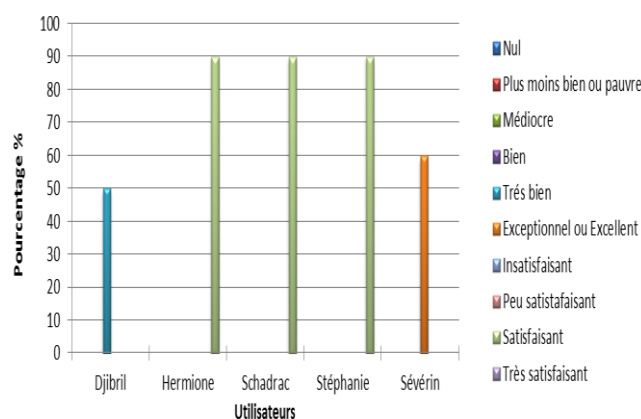


Figure N°4 : Observation de niveau de réussite de travail avec un score moyenne de 68%

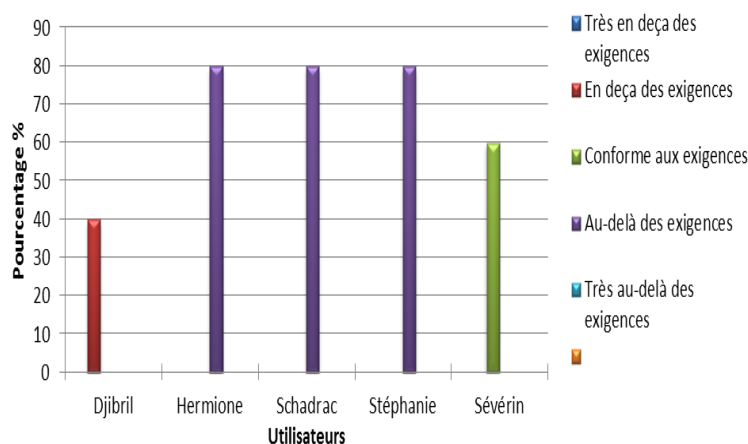


Figure N°5 : Observation de la fréquence de travail avec un score moyenne de 68%

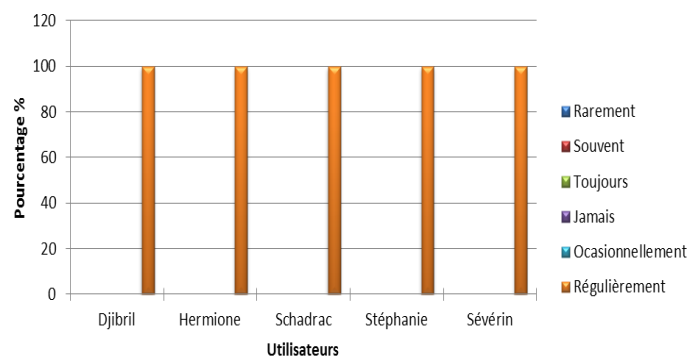
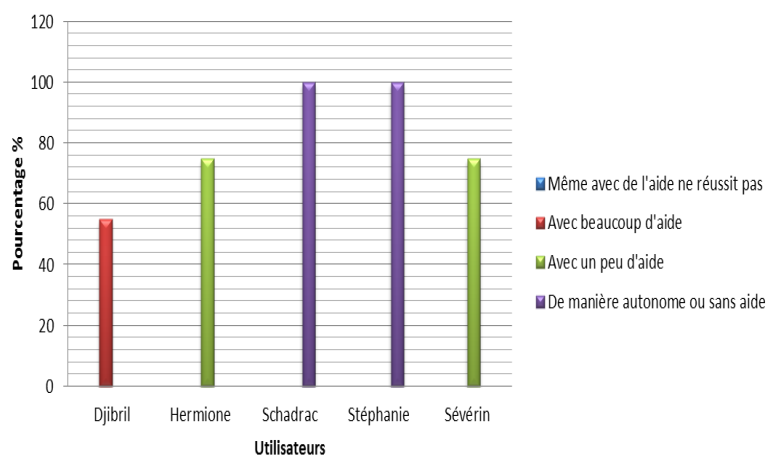


Figure N°6 : Observation de l'autonomie de travail avec un score moyen de 81%



3.2- Questionnaire de SUS (System UsabilityScale)

Etudiants	Note convertie (Nci) enRouge Note utilisateur (Nui) en Noir										Total	Score SUS
Djibril	2	3	2	0	3	4	3	2	2	3	24	60
	3	2	3	5	4	1	4	3	3	2		
Hermione	3	4	3	1	2	4	2	4	3	4	30	75
	4	1	4	4	3	1	3	1	4	1		
Schadrac	4	4	4	2	1	4	3	4	4	4	34	85
	5	1	5	3	2	1	4	1	5	1		
Stéphanie	3	4	4	2	3	4	2	3	3	4	32	80
	4	1	5	3	4	1	3	2	4	1		
Séverin	3	3	2	2	4	4	2	2	2	4	29	72.5
	4	2	3	3	5	1	3	3	3	1		
Score SUS des cinq utilisateurs : 74,5												

Tableau N°7: Note de Questionnaire SUS

Le test SUS de Brooke en 1996 donne selon les intervalles ci-dessous la satisfaction individuelle et globale des utilisateurs.

A - Satisfaction totale [75 ; 100]

B - Satisfaction partielle [68 ; 75]

C - Pas de satisfaction [0 ; 68]

Vue le score globale des utilisateurs dans le tableau SCORE SUS qui est **74,5** nous pouvons affirmer que la satisfaction globale est partielle.

3-3 Entretien semi - directif

Au cours de cette phase nous avons mesuré les indicateurs d'évaluation : Efficacité, Efficience, Apprentissage et mémorisation et Tolérance aux erreurs qui sont dans la grille ci-dessous.

Etudiant	Djibril	Hermione	Schadrac	Stéphanie	Séverin	Total	Moyenne	Score
Efficacité	4	3	3	4	3	17	3,5	70%
Efficience	3	2	2	2	2	11	2,2	44%
Satisfaction	4	4	3	3	3	17	3,5	70%
Apprentissage Et Mémorisation	3,5	2,75	3,75	4	3	17	3,5	70%
Tolérance aux erreurs	2	3	2,33	2,66	1,33	11,32	2,26	45,2%

- La réussite de mise en œuvre de D4S est 70%
- La facilité d'utilisation de D4S est 70%
- La facilité d'apprentissage de D4S est 70%

Tableau N°8: Note de Questionnaire SUS

- Le taux du temps mis pour la mise œuvre de D4S est 44%
- La facilité d'effectuer des corrections est 45,2%

3.4 SWOT des entreprises

Entreprise		
Facteur interne	Force	Faiblesse
	-Loyauté des clients malgré des produits incertains -Classiquement Compétents	-Faible compétence technologique -Faible qualité de production -Faible technique de distribution -Mauvaise gestion -Produits parfois incertains -Coût de produit élevé -Faible notion d'éco-conception -Manque d'employés compétents stables -Manque de services de maintenance
Facteur externe	Opportunité	Menace
	-Vente de produits dans la sous régions -Formation	-Avancé technologique -Changement des besoins des clients -Taxes du gouvernement -Contrefaçon

4. Discussion

A travers notre exemple de Redesign de machine à condiments, nous avons pu identifier le niveau d'utilisabilité de l'approche D4S en contexte Béninois. L'utilisabilité de l'approche a été avec un score SUS de 74,5 qui a révélé peu de satisfaction. (PNUE, 2006), a fait des études de cas avec l'approche D4S sur un projet de Redesign au Ghana et en Tanzanie et ils ont montré l'amélioration de plusieurs facteurs de développement durable.

En Tanzanie, plus précisément à Intermech Engineering où le projet de Redesign a concerné le remplacement du tambour en bois d'une rappeuse à manioc avec un produit fabriqué en fonte d'aluminium et de tôle perforée. En nous basant sur ces études de cas, nous avons pu identifier les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces liées aux entreprises locales Béninoises pour mieux intégrer l'approche D4S dans le contexte du Bénin.

L'exemple de machine à condiments est très intéressant car aujourd'hui beaucoup de femmes utilisent cette machine sans connaître des conséquences que celle-ci engendre sur l'environnement et l'organisme (dépôt des résidus de fer dans les condiments écrasés, utilisation abondante de l'eau, les bruits de la machine etc.).

D'autre part, les concepteurs utilisent des notions basiques pour développer leurs produits qui après un certain temps de fonctionnement tombent en panne, faute de dimensionnement.

L'amélioration de la méthode D4S dans le contexte du Bénin doit permettre la sensibilisation et la formation des concepteurs des machines agricoles pour l'amélioration de l'ergonomie et de la sécurité des utilisateurs, de la durée de vie des machines, pour l'augmentation de l'efficacité de travail des machines, pour la réduction de l'utilisation des matériaux et la diminution des heures de travail entraînant donc une augmentation du coût.

Mais l'approche D4S peut avoir des conséquences négatives si sa mise en œuvre n'est pas bien faite. Il faut prendre en compte le contexte du pays concerné comme un facteur important pour le développement de l'approche. Il ne faut pas se baser uniquement sur les notions d'intégration de l'environnement en amont de la phase de conception.

5. Conclusions et perspectives

L'efficacité et l'efficience de l'usage du système permet à des catégories d'individus désavantagés d'atteindre des niveaux de performance proches des ceux obtenus par des experts. Les tests d'utilisabilités ont révélés après les différentes étapes, des indicateurs de comportements, de facilité d'utilisation qui montrent que l'approche D4S dans le texte du Bénin peut être améliorée pour apporter un plus aux fabricants classiques des machines agricoles. Les résultats obtenus par la méthode SWOT peut nous aider à continuer la recherche en intégrant réellement l'approche D4S dans le contexte Béninois pour optimiser la fabrication des machines agricoles, la gestion des entreprise, les conditions de vie des employés et enfin l'environnement dans lequel les entreprises travaillent.

Remerciements

Nous tenons à remercier les Professeurs P.ZWOLINSKI de INP-Grenoble et A.SANYA de UAC- Abomeypour les travaux effectués aux laboratoires G-SCOP à Grenoble en France et à LEMA à Abomey-Calavi au Bénin.

Références

- [1] - F. Mathieux, al (2014). *Ecodesign in developing countries Example of the re-design of a backpack in the fiji islands*. University of Grenoble_Inp.
- [2] - PNUE et UT Delft, (2006). *Design for Sustainability : a practical approach for Developing Economies*.
- [3] - Daniela C. Pigosso, al (2010). *Eco-design Methods focused on Remanufacturing* Journal of Cleaner Production, 14(15-16) pp. 1486-1355.
- [4] - L. Wood & F. Mathieux. (2010). *Results of the first adapted design for sustainability project in a South Pacific small island developing state: Fiji*. Journal of Cleaner Production 18 (2010)1775-1786.
- [5] - Vicky. Lofthouse. (2006) *Eco-design tools for designers - defining the requirements*. Journal of Cleaner Production, 14(15-16) pp. 1386-1395.
- [6] - J.C. Diehl & G.V.Soumitri, al (2002). *Eco-design Methodology Development within the Indian European Eco-design Program*. Journal officiel de l'Union européenne.
- [7] - N. V. Hernandez & P.R. A. Herrera. (2012). *Development of an expert system to aid engineers in the selection of design for environment methods and tools*. Expert Systems with Applications 39(2012) 9543–9553.
- [8] - H. H. Ali & S. F. Al Nsairat. (2009). *Developing a green building assessment tool for developing countries - Case of Jordan*. Building and Environment 44 (2009) 1053-1064.
- [9] - Lucie DOMINGO (2013). *Eco-design methodology oriented use*. Thesis of University of Grenoble, 2013.French.<NNT : 2013GRENI066>. <tel-00957579>. HAL archives -ouvertes.fr
- [10] - BELLINI, JANIN (2011). *Eco-design: state of the art tools available*. Technical Engineer.Journal of Cleaner Production, 10(15-16) pp. 1320-1233.
- [11] - F. Vallet & B. Eynard, al. (2012). *Using Eco-design tools: An overview of experts' practices*. 0142-694X \$ - see front matter Design Studies 34 (2013) 345-377.
- [12] - Vicky. Lofthouse. (2006) *Eco-design tools for designers : defining the requirements*. Journal of Cleaner Production, 14(15-16) pp. 1386-1395.
- [13] - RomeiroFilho, E., *Brazilian Design for sustainability: in search of a local approach*, Journal of Cleaner Production (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.065>
- [14] - T.Buchert & A.Kaluza. (2014). *Enabling Product Development Engineers to Select and Combine Methods for Sustainable Design*. Procedia CIRP 15 (2014) 413 – 418.
- [15] - H. H. Ali & al. (2009). *Developing a green building assessment tool for developing countries-Case of Jordan*. Building and Environment 44 (2009) 1053-1064.
- [16] - Lhoussaine AMEKNASSI, (2012). *Strategy implementation of eco design: technical & organizational*. University of Laval, Québec.
- [17] - ISO 9241-11 (1998), *Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV)* - Partie 11: Lignes directrices relatives à l'utilisabilité.
- [18] - Krug S. (2000), *Don't make me think, a common sense approach to web usability*, Steve Krug, Circle.com Library.
- [19] - Nielsen, J. (1993), *Usability engineering*, Boston, Academic Press, 1993.
- [20] - Nielsen, J. (1994), *Estimating the number of subjects needed for a thinking aloud test*. International Journal of Human-Computer Studies, 41 (3), 385-397.
- [21] - Senach, B. (1990), *Evaluation ergonomique des interfaces Homme/Machine : une revue de la littérature*. Rapport INRIA n°1180, 1990.
- [22] - Shackel, B. *Usability - Context, framework, definition, design and evaluation*. Interacting with Computers, Vol. 21, No. 5-6, 2009, pp. 339-346.
- [23] - B. Shackel "Ergonomics in design and usability" in *people and computers : design for usability*, Harrison M & Monk A (ed) Cambridge University Press Cambridge.
- [24] - Brangier, E., & Valléry, G. (2004). *Aspects psychologiques et organisationnels des NTIC*. In E. Brangier, A. Lancry, & C. Louche (Eds.), *Les dimensions humaines du travail : théories et pratiques de la psychologie du travail et des organisations* (pp. 213-249). Nancy, PUN.
- [25] - C. Bach, E. Brangier, D.L. Scapin, (2005). *Comment s'assurer de la facilité d'utilisation d'une nouvelle technologie ?* In Lévy-Leboyer, C, Louche, C., & Rolland, J-P (Eds), *Management des organisations*, Paris : Editions d'organisation. 413-428.
- [26] - Shackel, B. (1991). *Usability - context, framework, design and evaluation*. In B. Shackel & B. Richardson (Eds.), *Human Factors for Informatics Usability* (pp. 21-38). Cambridge: Cambridge University Press.
- [27] - Shackel, B. (2000). *People and computers - some recent highlights*. Applied Ergonomics, 31, 595-608.
- [28] - (E. BRANGIER, 2003) *Concevoir un produit facile à utiliser. Adapter les technologies à l'homme*. Éditions d'Organisation, 2003 ISBN : 2-7081-2900-7.
- [29] - M. Mojahid & J. Virbel (Eds.), *Les documents électroniques, méthodes, démarches et techniques cognitives*. Paris : Europia. 2001.

Contact

Jannot HOUNSOUNOU

G-SCOP et LEMA Laboratories

46 avenue Félix Viallet, 38031 GRENOBLE Cedex 1 (France)

02BP1999 Cotonou Gbégaméy (Bénin)

hounscornet@gmail.com